بررسی و ارزیابی مدل لارس در شبیه سازی داده های هواشناسی استان گلستان در دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۳ میلادی

دریافت مقاله: ۸۹/۶/۱ پذیرش مقاله: ۸۹/۱۰/۲۵
صفحات: ۹۶-۸۱

امیرحسین مشکواتی: استادیار و مدیر گروه هواشناسی دانشگاه آزاد واحد علوم وتحقیقات تهران- ایران
Email: ameshkatee@yahoo.com
محمد کردجزی:دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران- ایران[۱]
Email:mkordjazi88@gmail.com
ایمان بابائیان :کارشناس ارشد مرکز ملی اقلیم شناسی مشهد، سازمان هواشناسی کشور
Email:ibabaeian@yahoo.com

چکیده

مدل های تولید کننده وضع آب و هوا در سال های اخیر کاربردهای فراوانی پیدا کرده است از جمله تولید داده های آب و هوایی، با بکارگیری سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه ای مربوط به مدلهای گردش عمومی جو می باشد. با استفاده از تولید کننده‌های وضع آب و هوا می توان خروجی مدلهای گردش عمومی جو را ریز مقیاس نمود. یکی از این مدل ها لارس می باشد. در این مقاله به بررسی عملکرد مدل لارس در مدلسازی داده های هواشناسی ایستگاه های استان گلستان در دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۳پرداخته شده است. متغییرهای مورد بررسی شامل دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش و ساعت آفتابی می باشند. نتایج حاصل از محاسبه میانگین خطای مطلق مدلسازی در ماه های سال نشان داد که بیشترین خطا مربوط به ساعت آفتابی می باشد اما متغییرهای بارش و دمای حداقل و حداکثر با دقت خوبی مدلسازی شده اند. بیشترین خطای ساعت آفتابی در ایستگاه گرگان به میزان ۰/۶ ساعت و بیشترین خطای بارش در کلاله به میزان ۶/۱mm می باشد. در مورد دمای حداکثر، بیشترین خطا در مراوه تپه به میزان ۰/۵ و دمای حداقل در آق تقه به میزان ۰/۴ درجه سانتی گراد می باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بطور کلی عملکرد مدل لارس در مدلسازی متغییرهای هواشناسی ایستگاه های تحت بررسی مناسب است و می توان

---

[۱]. نویسنده مسئول: استان گلستان- سازمان هواشناسی- کارشناس تحقیقات، مرکز تحقیقات هواشناسی استان گلستان

از آن جهت بازسازی داده های ایستگاه ها در دوره گذشته و یا تطویل این داده ها به دوره آینده بهره جست. همچنین می توان از آن در جهت ارزیابی اقلیم آینده استان در مقیاس محلی استفاده نمود.

کلید واژگان: شبیه سازی، تولید کننده آب و هوا، ریزمقیاس نمایی، خطای مطلق. گلستان

مقدمه

اقلیم سامانه پیچیده ای است که طبق گزارشات IPCC[1] به دلیل افزایش غلظت جوی گازهای گلخانه ای در اثر فعالیت های بشری در حال تغییر است. یکی از آثار آن می تواند افزایش دمای کره زمین باشد که به آن گرم شدن جهانی[2] اطلاق می شود. ارزیابی آسیب پذیری و سازگاری با این پدیده فقط با اطلاعات در مورد تغییرات اخیر امکان ندارد و به آگاهی از شرایط اقلیم هر منطقه در آینده نیازمند است. یکی از متداولترین روشها برای ارزیابی اقلیم آینده استفاده از مدلهای گردش عمومی جو می باشد. گروهی از این مدلها اطلاعات مفیدی درباره پاسخ جو به افزایش غلظت گازهای گلخانه ای فراهم می کنند. با توجه به وضوح مکانی کم مدل های گردش عمومی جو و نیاز به سخت افزارهای قوی و زمان بر بودن ریزمقیاس نمایی دینامیکی، مدل های آماری تولید کننده آب و هوا ابداع شدند. این مدل ها با استفاده از خروجی مدل های GCM و بکارگیری سناریوی خاص مدل تولید کننده داده های آب و هوایی، داده های گردش عمومی در مقیاس درشت را به مقیاس‌های ریزتر تبدیل می کنند (سمنوف و بارو[3]، ۱۹۹۸). مهمترین نقطه قوت این مدل‌ها ارزان بودن، سرعت بالا و امکان استفاده از آنها بدون نیاز به ابر رایانه‌ها و یا رایانه‌های بسیار سریع می باشد. ازجمله این مدل های آماری می توان به لارس [4] اشاره کرد. نسخه اولیه این مدل توسط راسکو[5] و همکاران در سال ۱۹۹۱ در بوداپست مجارستان به عنوان بخشی از پروژه ریسکهای کشاورزی ابداع شد و سپس توسط سمنوف و بارو ارتقاء یافت. همچنین این دو نفر کارایی دو مدل لارس و WGEN را در ۱۸ ایستگاه سینوپتیک آمریکا، اروپا و آسیا بررسی کردند و نتیجه گرفتند مدل لارس در مقایسه با

1. Intergovernmental Panel on Climate Change
2. Global Warming
3. Semenov & Barrow
4. Weather-Generators
5. Rasco

WGEN نتایج بهتری را تولید می‌کند (سمنوف و بارو ، ۱۹۹۸: ص۱۰۷-۹۵). همچنین (بابائیان و نجفی نیک، ۱۳۸۵: ص۶۵-۴۹) توانایی مدل لارس را برای شبیه سازی متغییرهای هواشناسی استان خراسان در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۶۱ مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که مدل لارس متغییرهای بارش، دمای حداقل و حداکثر را در سه ایستگاه مشهد، سبزوار و بیرجند کمتر از مقادیر واقعی شبیه سازی نموده است. بطوریکه بیشترین بایاس بارش در ایستگاههای مشهد و تربت حیدریه به میزان ۰/۴- میلیمتر بوده است. بیشترین بایاس دمای حداقل در ایستگاه سبزوار به میزان ۰/۷- درجه سانتیگراد و دمای حداکثر در ایستگاه های سبزوار و بیرجند به میزان ۱/۹- درجه سانتیگراد محاسبه شده است و بطور کلی نتایج مدلسازی قابل قبول می باشد. (بذرافشان و همکاران، ۱۳۸۸: ص۵۷-۴۴) عملکرد دو مدل لارس و ClimGen در شبیه سازی متغییرهای هواشناسی در ایران را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که عملکرد مدل لارس در شبیه سازی بارش و تابش بهتر از ClimGen می باشد اما در مورد دما عملکرد ClimGen بهتر از لارس می باشد.

مواد و روش ها

در این مقاله جهت ارزیابی مدل لارس در بازتولید داده های هواشناسی، از داده های شش ایستگاه هواشناسی و اقلیم شناسی در محدوده استان گلستان در یک دوره ۱۵ ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۳) استفاده شده است. داده های مورد استفاده شامل دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش و ساعت آفتابی روزانه می باشند. مدل های تولید کننده وضع آب و هوا در دو مرحله متغییرهای هواشناسی را شبیه‌سازی می‌کنند، در مرحله اول رخداد بارندگی و شدت آن و در مرحله بعد سایر پارامترهای باقیمانده مانند دمای حداقل، دمای حداکثر، تابش، رطوبت و سرعت باد را شبیه سازی می کنند (جانسون و همکاران، ۱۹۹۶: ص۱۸۹۶-۱۸۷۸). در مدل لارس مدلسازی بارش و احتمال وقوع آن از روش توزیع نیمه تجربی و زنجیره مارکف و مدلسازی تابش بر اساس توزیع نیمه تجربی و مدلسازی دما با استفاده از سری فوریه انجام می شود (سمنوف و بارو، ۲۰۰۲). برای تولید داده توسط مدللارس ابتدا باید مشخصات هر ایستگاه شامل نام، موقعیت مکانی و ارتفاع از سطح دریا و همچنین فایل داده های هواشناسی روزانه در دوره مشاهداتی به عنوان ورودی به مدل داده شود، سپس توسط مدل*لارس* این داده ها آنالیز گردد که حاصل آن یک فایل متنی خلاصه شده شامل خصوصیات آماری داده های مشاهداتی بصورت میانگین های ماهانه و فصلی برای کل دوره تحت بررسی می باشد. سپس مدل با توجه

به روند موجود در سری زمانی داده های مشاهداتی اقدام به باز تولید داده های ایستگاه ها در همین دوره کرده و در نهایت با استفاده از آزمون‌های آماری و رسم نمودار، میانگین های ماهانه داده های شبیه سازی شده با داده های مشاهداتی مقایسه شده است تا توانایی مدل در شبیه سازی داده های هواشناسی در این ایستگاه ها مورد ارزیابی قرار گیرد. پس از ارزیابی توانمندی مدل در هر ایستگاه، جهت تولید داده برای دوره های آینده لازم است فایل سناریوی تغییر اقلیم، با توجه به خروجی مدل های گردش عمومی جو برای محل مورد مطالعه تدوین و برای مدل تعریف گردد (سمنوف و بارو، ۲۰۰۲: ص۳۰-۲۵) که در این مقاله به این قسمت پرداخته نشده است.

جهت بررسی توانایی کلی مدل در شبیه سازی داده‌های مشاهداتی در دوره تحت بررسی، متوسط بایاس و خطای مطلق (MEA[1]) بین داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی ماهانه در دوره تحت بررسی محاسبه شده است. برای این کار از روابط زیر استفاده گردیده است:

$$Bias = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(S_i - O_i) \qquad (۱)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|S_i - O_i| \qquad (۲)$$

که در آن O_i و S_i به ترتیب نشان دهنده مقادیر واقعی و مدلسازی شده می‌باشند و i نشان‌دهنده ماههای سال است.

تجزیه و تحلیل نتایج

استفاده از تولید کننده های داده های آب و هوایی برای تکمیل داده های گمشده ایستگاه ها و همچنین تطویل آنها برای دوره های آینده جهت مطالعه روی دوره بازگشت پدیده های حدی هواشناسی مانند بارش های سیل آسا و خشکسالی بسیار مفید می باشد. اما توانمندی این مدلها در شبیه سازی متغییرهای هواشناسی اثرات مستقیمی بر روی نتایج حاصل خواهد داشت. با توجه به اینکه تعداد ایستگاه های سینوپتیک استان گلستان با سالهای آماری بالای ۱۵ سال سه ایستگاه گرگان (هاشم آباد)، گنبد و مراوه تپه می باشد در این مقاله جهت نتیجه

1. Mean Absolute Error

گیری دقیق تر از داده های سه ایستگاه اقلیم شناسی با دوره آماری بالای ۱۵ سال شامل کلاله (صوفی شیخ)، بندر ترکمن و آق تقه نیز استفاده شده است. مشخصات ایستگاه های تحت بررسی درجدول ۱ آورده شده است.

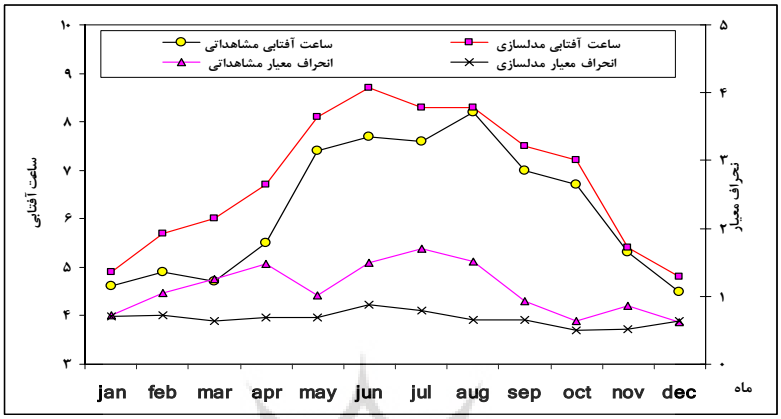
جدول (۱) مشخصات ایستگاههای تحت بررسی استان گلستان

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (m)
۱	گرگان (هاشم آباد)	سینوپتیک	۳۶/۸۵	۵۴/۲۷	۱۳/۳
۲	گنبد	سینوپتیک	۳۷/۲۵	۵۵/۱۷	۳۷/۲
۳	مراوه تپه	سینوپتیک	۳۷/۹۰	۵۵/۹۵	۴۶۰
۴	کلاله(صوفی شیخ)	کلیماتولوژی	۳۷/۳۷	۵۵/۴۸	۱۵۷
۵	بندرترکمن	کلیماتولوژی	۳۶/۸۷	۵۴/۱۰	-۲۰
۶	آق تقه	کلیماتولوژی	۳۷/۹	۵۵/۷۱	۲۵۰

اما در اکثر ایستگاه های اقلیم شناسی ساعت آفتابی اندازه گیری نمی شود و به این دلیل که در لارس مدلسازی دما و بارش مستقل از تابش انجام می گیرد این نقیصه روی مدل سازی متغییرهای دما و بارش بی تاثیر می باشد. در ابتدا نرمال بودن و همگنی داده ها مورد بررسی قرار گرفت برای همگنی داده های همه ایستگاه ها، از آزمون RUN–TEST استفاده شد که تصادفی بودن آنها در سطح ۹۵ درصد قابل قبول بود. با توجه به دوره تحت بررسی تعداد داده ها در مورد هر متغییر در هر یک از ایستگاه ها ۱۵ عدد می باشد.

تحلیل خروجی های مدل

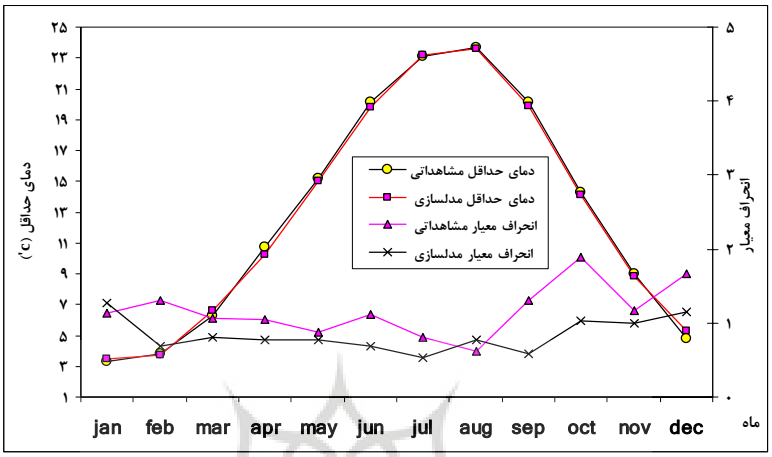
پس از بازتولید و آنالیز داده های تولید شده توسط مدل لارس، جهت ارزیابی توانایی مدل در شبیه سازی داده های هواشناسی ایستگاها در دوره مشاهداتی، از آزمون آماری T-Student و رسم نمودار استفاده شد و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به حجم زیاد نمودار ها، در اینجا به نمودارهای مربوط به ایستگاه گرگان اکتفا شده است (شکل های۱ تا ۴).



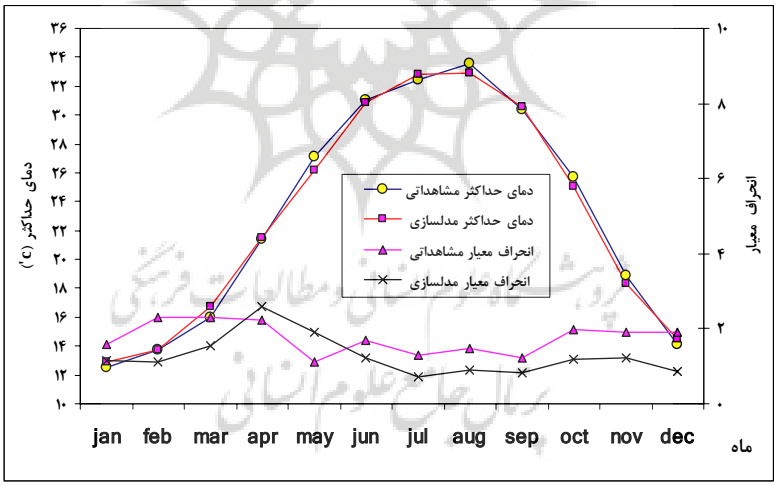
شکل (۱) نمودار میانگین های ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده ساعت آفتابی و همچنین انحراف معیار آنها در ایستگاه گرگان (۲۰۰۷-۱۹۹۳)

مطابق شکل ۱ در ایستگاه گرگان ساعت آفتابی شبیه‌سازی شده تقریبا در تمامی ماه ها بیش از مقدار مشاهداتی است. بیشترین اختلاف در ساعت آفتابی مربوط به ماه مارس و آوریل می باشد و به ترتیب به ۱/۳ و ۱/۲ساعت بیشتر از میانگین مشاهداتی است. علاوه بر آن ساعت آفتابی مدلسازی شده در ماه های فوریه، می و ژوئن به ترتیب ۰/۸ ، ۰/۷ و ۱ ساعت بیشتر از میانگین مشاهداتی است. انحراف معیار ساعت آفتابی در طول تمامی ماه های سال کمتر از انحراف معیار مشاهداتی است.

مطابق شکل های ۲ و ۳ در ایستگاه گرگان مدلسازی دماهای حداقل و حداکثر به میزان بسیار خوبی با داده‌های مشاهداتی مطابقت دارد هر چند که در برخی از ماه ها خصوصا در ماه اکتبر و سپتامبر در مورد دمای حداقل و در ماه های فوریه و دسامبر در مورد دمای حداکثر اختلاف بین انحراف معیار مقادیر مدلسازی شده و مشاهداتی زیاد است.

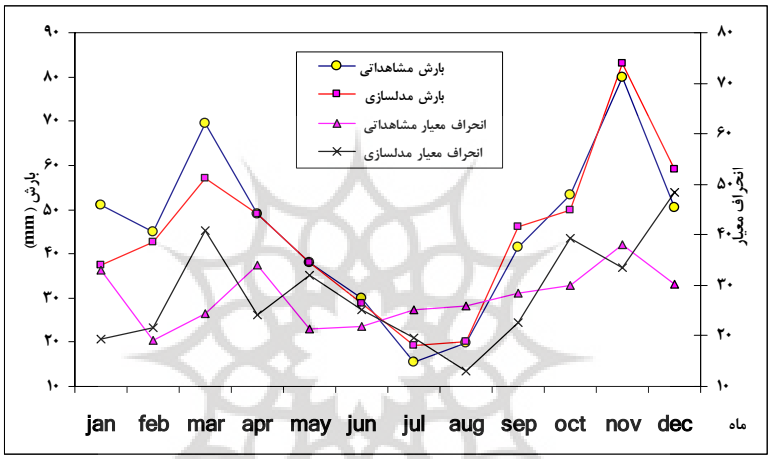


شکل (۲) نمودار میانگین ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده دمای حداقل و انحراف معیار آنها در ایستگاه گرگان (۲۰۰۷-۱۹۹۳)



شکل (۳) نمودار میانگین ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده دمای حداکثر و انحراف معیار آنها در ایستگاه گرگان (۲۰۰۷-۱۹۹۳)

در شکل ۴ نمودار بارش ماهانه مشاهداتی و مدلسازی شده و انحراف معیار آنها در ایستگاه گرگان در دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۳ نشان داده شده است. در مورد بارش مدلسازی در این ایستگاه با دقت خوبی انجام گرفته است و با توجه به آزمون T-student در هیچ ماه از سال اختلاف بین مقدار مدلسازی شده و مشاهداتی در سطح ۰/۰۵=∀ معنی‌دار نیست.

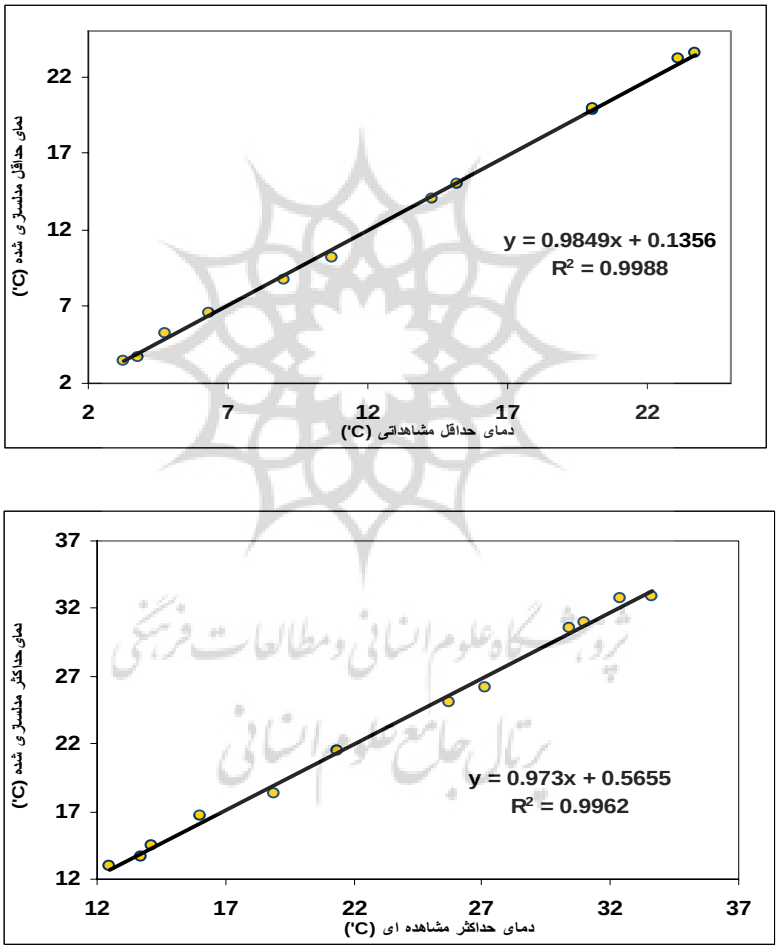


شکل (۴) نمودار بارش ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده و انحراف معیار آنها در گرگان (۲۰۰۷-۱۹۹۳)

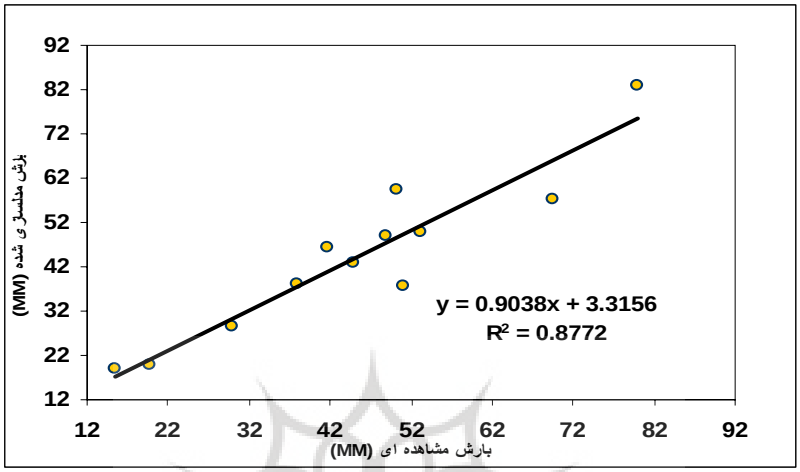
مطابق شکل ۴ بیشترین اختلاف منفی درانحراف معیار بارش مدلسازی شده در ماههای ژانویه و اوت می باشد که به ترتیب ۱۳/۶ و ۱۲/۹ واحد کمتر از مقدار انحراف معیار مربوط به مقادیر مشاهداتی می باشد. بیشترین اختلاف مثبت انحراف معیار مربوط به ماههای دسامبر و مارس می باشد که به ترتیب به میزان ۱۸/۱ و ۱۶/۴ واحد بیشتر از مقدار انحراف معیار متناظر در مقادیر مشاهداتی می باشد.

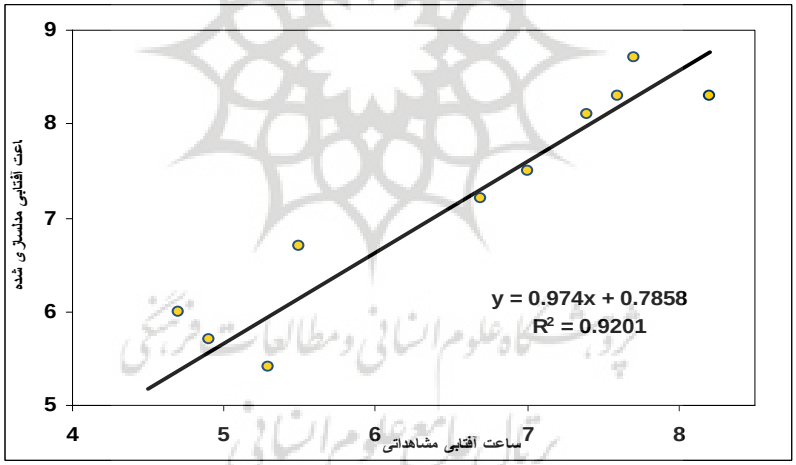
بنابراین یکی از ضعف های مدل لارس در تولید داده های هواشناسی این می باشد که در اکثر موارد انحراف معیار مقادیر مدلسازی شده خصوصا در مورد دما و ساعت آفتابی کمتر از انحراف معیار مشاهداتی است که این موضوع بایستی در مطالعات مربوط به تغییر اقلیم با استفاده از تولید داده توسط این مدل، مد نظر قرار گیرد و انحراف معیار داده های مدلسازی شده با روشهای آماری اصلاح گردد.

برای مقایسه میانگین های ماهانه شبیه سازی شده و مشاهداتی، نمودارهای پراکنش مربوط به میانگین ماهانه هر کدام از متغییرها در کل دوره تحت بررسی در ایستگاه های مورد نظر ترسیم و ضریب همبستگی هر کدام محاسبه شد. به عنوان نمونه نمودار پراکنش تابش، بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر مربوط به ایستگاه گرگان در شکل های ۵ و ۶ آورده شده است.



شکل (۵)الف و ب: نمودار پراکنش دمای حداکثر و حداقل ماهانه مشاهداتی و مدلسازی شده گرگان(۲۰۰۷-۱۹۹۳)





شکل (۶)الف و ب: نمودار پراکنش ساعت آفتابی و بارش ماهانه مشاهداتی و مدل سازی شده گرگان(۲۰۰۷-۱۹۹۳)

همانطور که در شکل های فوق مشاهده می شود نتایج، بالا بودن ضرایب همبستگی را نشان می دهد. نتایج نشان داد که بطور کلی در تمامی ایستگاه ها ضرایب همبستگی بین مقادیر

مدلسازی شده و مشاهداتی در دوره تحت بررسی، حداقل در سطح اعتماد ۱ درصد معنی دار می باشند.

بحث

مطابق نتایج حاصل مدل لارس در شبیه سازی بارش در تمامی ایستگاه ها موفق عمل کرده است. اما در مورد ساعت آفتابی در برخی از ماه ها بخصوص در ایستگاه گرگان داده های شبیه سازی شده با داده‌های مشاهداتی اختلاف معنی داری داشتند بطوریکه در گرگان در ماه های مارس، آوریل، می و ژوئن و در مراوه تپه در ماه های آوریل و مارس و در گنبد در ماه می اختلاف مقادیر مدلسازی شده و مشاهداتی در سطح ∀=۰/۰۵ درصد معنی دار می باشد. در مورد دما نیز در ایستگاه مراوه تپه در ماه آوریل و در ایستگاه کلاله در ماه اوت اختلاف معنی دار می باشد. در بقیه موارد توانمندی مدل در پوشش واریانس کمیت‌های مورد مطالعه در سطح اطمینان ۹۵ درصد قابل قبول است. در جدول ۲ به عنوان نمونه میانگین مشاهداتی و شبیه سازی شده چهار متغییر بارش، دمای حداقل، حداکثر و ساعت آفتابی در ماه مارس برای ایستگاه های تحت بررسی آورده شده اند.

جدول (۲) میانگین داده‌های مشاهداتی و شبیه شده ماه مارس ایستگاه های استان در دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۳

	دمای حداقل		دمای حداکثر		بارش		ساعت آفتابی	
نام ایستگاه	مشاهداتی	شبیه سازی	مشاهداتی	شبیه سازی	مشاهداتی	شبیه سازی	مشاهداتی	شبیه سازی
گرگان	۶/۳	۶/۶	۱۶	۱۶/۷	۴۸/۹	۴۸/۹	۴/۷	۶
گنبد	۵/۹	۵/۷	۱۶/۵	۱۵/۸	۶۶/۵	۶۵/۱	۵	۵/۸
مراوه	۶/۶	۶/۶	۱۴/۹	۱۴/۶	۵۳/۹	۴۶/۳	۵/۶	۶/۴
کلاله	۶/۳	۶/۳	۱۶/۹	۱۶/۹	۶۹/۴	۵۴	-	-
ترکمن	۶/۹	۷/۱	۱۵/۶	۱۴/۹	۴۳/۳	۳۷/۱	-	-
آق تقه	۵	۴/۵	۱۷/۱	۱۷/۴	۳۷/۳	۲۴/۷	-	-

برای نتیجه گیری بهتر با استفاده از روابط (۱) و (۲) میانگین بایاس و خطای مطلق ماهانه هر کدام از کمیت‌های تحت بررسی در دوره ۱۵ ساله در ایستگاه های مورد مطالعه محاسبه شد

که نتایج در جدول ۳ آورده شده است. همچنین در جدول ۴ مقادیر بایاس بین بارش ماهانه مشاهداتی و شبیه شده برای ایستگاه های تحت بررسی آورده شده اند.

جدول (۳) میانگین بایاس و خطای مطلق متغییرهای هواشناسی ایستگاه های استان (۲۰۰۷-۱۹۹۳)

	دمای حداقل		دمای حداکثر		بارش		ساعت آفتابی	
نام ایستگاه	بایاس	خطای مطلق	بایاس	خطای مطلق	بایاس	خطای مطلق	بایاس	خطای مطلق
گرگان	-۰/۱	۰/۲	-۰/۱	۰/۴	-۱/۰	۴/۴	۰/۶	۰/۶
گنبد	۰/۰	۰/۳	-۰/۲	۰/۳	-۰/۷	۴/۰	۰/۵	۰/۵
مراوه	-۰/۱	۰/۳	-۰/۱	۰/۵	-۳/۲	۵/۱	۰/۴	۰/۲
کلاله	۰/۰	۰/۳	-۰/۱	۰/۴	-۴/۰	۶/۱	-	-
ترکمن	-۰/۱	۰/۲	-۰/۱	۰/۴	-۲/۴	۴/۰	-	-
آق تقه	-۰/۱	۰/۴	-۰/۲	۰/۴	۰/۶	۴/۴	-	-

جدول (۴) بایاس بین بارش شبیه شده و مشاهداتی ماهانه ایستگاه های استان در دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۳

ماه	گرگان	گنبد	کلاله	مراوه تپه	بندرترکمن	آق تقه
ژانویه	-۱۳/۵	-۰/۷	۱/۰	۰/۰	-۱/۱	۶/۱
فوریه	-۲/۳	-۲/۹	۴/۵	-۲/۷	۱/۳	-۹/۸
مارس	-۱۲/۴	-۱/۴	-۱۵/۵	-۷/۶	-۶/۲	-۱۲/۶
آوریل	۰/۰	-۴/۶	-۲/۸	۰/۱	۰/۷	۳/۸
می	۰/۰	-۸/۴	۰/۶	-۷/۸	-۰/۹	۱/۴
ژوئن	-۱/۳	۱/۸	-۵/۶	-۸/۳	-۸/۰	۱/۰
ژوئیه	۳/۶	-۴/۸	-۵/۲	۶/۸	۰/۰	۲/۴
اوت	۰/۲	-۴/۴	-۸/۰	۳/۱	-۱/۶	۲/۳
سپتامبر	۴/۶	۲/۲	-۱/۵	۱/۲	-۷/۸	۳/۰
اکتبر	-۳/۳	-۱/۰	-۳/۷	-۱۰/۳	-۲/۶	۰/۵
نوامبر	۳/۱	۱/۴	-۱۸/۴	-۱۱/۵	-۹/۷	-۱/۱
دسامبر	۸/۹	۱۳/۹	۶/۸	-۱/۸	۷/۵	۱۰/۲
میانگین	۱/۰	-۰/۷	-۴/۰	-۳/۲	-۲/۴	۰/۶

مطابق جدول ۳ بطور متوسط بیشترین خطا در مورد بارش مربوط به ایستگاه کلاله با خطای مطلق ۶/۱mm و پس از آن مربوط به مراوه تپه با خطای مطلق ۵/۱ mm می باشد. با توجه به جدول ۴ این خطاها عمدتا ناشی از شبیه سازی ضعیف در ماه های مارس و نوامبر با بایاس منفی ۱۵/۵ و منفی ۱۸/۴ میلیمتر در کلاله و در ماه های اکتبر با بایاس ۱۰/۳mm- و نوامبر با بایاس ۱۱/۵mm- در مراوه تپه می باشد. کمترین خطا در شبیه سازی بارش در ایستگاه گنبد با بایاس ۰/۷- و خطای مطلق ۴mm می باشد. در مورد دمای حداقل بطور متوسط برای ماه های سال دوره تحت بررسی به میزان ۰/۱– درجه سانتیگراد بایاس سرد در ایستگاه های گرگان، مراوه تپه، بندرترکمن و آق تقه وجود دارد که بیشترین خطای مطلق مربوط به آق تقه به میزان ۰/۴ درجه می باشد. در مورد دمای حداکثر بایاس سرد به میزان ۰/۲- درجه در گنبد و آق تقه وجود دارد و بیشترین خطای مطلق مربوط به مراوه تپه به میزان ۰/۵ درجه میباشد. در مورد ساعت آفتابی بیشترین بایاس مربوط به ایستگاه گرگان با ۰/۶ ساعت بایاس مثبت و ۰/۶ ساعت خطای مطلق می باشد و کمترین بایاس مربوط به مراوه تپه با ۰/۴ ساعت بایاس مثبت و ۰/۵ ساعت خطای مطلق می باشد.

خلاصه و نتیجه گیری

در این مقاله توانمندی مدل لارس در باز تولید داده های روزانه چهار متغییر هواشناسی ایستگاه های استان گلستان مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج بطور کلی نشان داد که مدل لارس توانمندی خوبی در شبیه‌سازی سری زمانی متغییرهای هواشناسی در ایستگاه های تحت بررسی را دارد. بطوریکه متغییرهای بارش و دمای حداقل و حداکثر با دقت خوبی مدلسازی شده اند اما در مورد ساعت آفتابی در چند مورد اختلاف مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در در سطح ∀=۰/۰۵ درصد معنی دار می باشد. محاسبه میانگین خطای مطلق ماهانه در دوره تحت بررسی نشان داد که بیشترین خطای مطلق مدلسازی بارش در کلاله به میزان ۶/۱mm و بیشترین خطای مطلق مدلسازی ساعت آفتابی در ایستگاه گرگان به میزان ۰/۶ ساعت می باشد. در مورد دمای حداکثر بیشترین خطای مطلق مربوط به مراوه تپه به میزان ۰/۵ درجه و دمای حداقل مربوط به آق تقه به میزان ۰/۴ درجه سانتی گراد می باشد. بنابراین می توان از مدل لارس جهت تولید داده های گمشده، تطویل داده های روزانه بر اساس رفتار دوره دیدبانی و نیز برای تولید داده های روزانه با استفاده از رفتار دوره آماری و سناریوهای ویژه تغییر اقلیم

برای دوره آینده استفاده نمود و خروجی های آنرا جهت مطالعه تغییر اقلیم در مقیاس محلی و منطقه‌ای در استان گلستان بکار برد.

منابع و ماخذ

بابائیان، و نجفی نیک، زهرا (۱۳۸۵) **معرفی و ارزیابی مدل لارس برای مدل سازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان در دوره ۲۰۰۳-*۱۹۶۱***، مجله نیوار، شماره ۶۲ و۶۳، پاییز و زمستان ۱۳۸۵ص ۶۵-۴۹.

بابائیان. ایمان، نجفی نیک. زهرا، زابل عباسی. ف، حبیبی نوخندان. م، ادب. ح و ملبوسی. ش، (۱۳۸۸). **ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی ECHO-G**، مجله جغرافیا و توسعه، سال هفتم، شماره ۱۶، ص ۱۵۲-۱۳۵.

بذرافشان. ج، خلیلی. ع، هورفر. ع، ترابی. ص و حجام. س (۱۳۸۸) **بررسی و مقایسه عملکرد دو مدل لارس و ClimGen در شبیه سازی متغیرهای هواشناسی در شرایط مختلف اقلیمی ایران**. مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال پنجم، شماره ۱، ص ۵۷-۴۴.

کردجزی. م، مشکواتی. ا، بابائیان. ا و حجام. س (۱۳۸۹) **بررسی تغیر اقلیم استان گلستان در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰**، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران.

Babaeian, I., Kwon, W.T., and Im, E.S., (2004) ***Application of weather generator technique for Climate change assessment over Korea***. Korea Meteorological Research Institute, climate research lab, 98pp.

Donuso, F., (2002) ***Climak a stochastic model for weather data generation***, Italian Journal of Agronomy, 6(1), PP. 57-71.

Dubrovsky, M., (1996) met&Roll: ***the stochastic generator of daily weather series for the crop growth model***. Meteorological Bulletin 49, 97-105. Climate Research 10, 95-107.

Jones, P. G. and Thornton, P.K. (2000) ***MarkSim Software to generate daily weather data for Latin America and Africa***, Agronomy Journal, 92, PP. 445-453.

Johnson, G.L., Hanson, C.L., Hardegree, S.P., and Ballard, E.B., (1996) ***Stochastic weather simulation: overview and analysis of two commonly used models***. J. Applied Meteorology 35, 1878-1896.

Henderson-sellers A. & K.McGuffie., (1962) ***A Climate Modelling Premier***.

Harmel, R.D, et.al, (2002) ***Evaluating the Adequecy of Simulating Maximum and Minimum Daily Air Temprature with the Normal Distributian***, Canadian Society for engineering, 26pp.

Parlang, M.b. AND Katz, R.W., (2000) ***An extended version of the Richartson Model for simulating daily weather variables*** Journal of Applied Meteorology, 29, PP. 610-622.

Rasco, P., Szeidl, L., and Semenov, M.A., (1991) ***A serial approach to local stochastic models***. J. Ecological Modeling 57, 27-41.

Semenov, M.A., and Barrow, E.M., (1997) ***Use of a stochastic Weather Generator in the development of Climate Change Scenarios***. Climatic Change 35, 397-414.

Semenov, M.A., and Barrow, E.M., (2002) ***لارس a stochastic weather generator for use in climate impact studies***. User's manual, Version3.0.

Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., and Richardson, C.W., (1998) ***Comparison of the WGEN and لارس stochastic weather generators in diver's climates***. Climate Research 10, 95-107.

Thompson, C.S., and Mullan, A.B., (1995) ***Weather Generators. NIWA Internal Report***, 115- 120.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی